หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

วิจารณ์ผลการทดลอง

6.1 การคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสม

จากที่ได้มีการรายงานไว้ว่าพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวหุงสุกเร็วควรเป็นข้าวเมล็ดยาวพอเหมาะ เนื่องจากข้าวเมล็ดยาวเมื่อสุกจะให้เมล็ดที่อ่อนนุ่ม แต่ละเมล็ดแยกจากกัน ควรมีปริมาณอะไมโลสปานกลางค่อนข้างสูง เพื่อให้ได้ข้าวสุกที่ไม่เหนียวติดกันและไม่แข็งเกินไป มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำเพื่อให้คืนรูปได้ในเวลาอันรวดเร็ว (5) และมีปริมาณโปรตีนต่ำเพื่อลดการขัดขวางการดูดซึมของน้ำเข้าไปภายในเม็ดแป้ง (14) นอกจากนี้ควรมีความคงตัวของแป้งสุกต่ำเพื่อให้ได้ข้าวสุกที่อ่อนนุ่ม (13) สมบัติประการสุดท้ายคือ ค่า amylograph breakdown ควรมีค่าต่ำ เนื่องจากค่า amylograph breakdown เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการติดกันของเมล็ด (12)

ข้าวที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมดเป็นข้าวเมล็ดยาวที่มีความยาวพอเหมาะ ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่า 19% แต่มีอุณหภูมิแป้งสุกและปริมาณโปรตีนต่ำ ซึ่งคืนรูปได้เร็วเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบ ส่วนข้าวเหลืองประทิว 123 มีความยาวเมล็ด 7.4 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลสสูงในช่วง 28-32% มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง แต่มีค่า amylograph breakdown ต่ำ ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกัน ส่วนข้าว กข 23 มีความยาวเมล็ด 7.3 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลสปานกลางค่อนข้างสูง 26-29% แต่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหลืองประทิว 123 จึงคัดเลือกออก ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาในการคืนรูปนาน อาจทำให้เมล็ดเหนียวติดกัน เกิดลักษณะที่ไม่ดีแก่ผลิตภัณฑ์

6.2 การศึกษาสภาวะการให้ความร้อนขั้นต้น

การให้ความร้อนขั้นต้นเพื่อจุดประสงค์ให้เกิดรอยร้าวภายในเมล็ดเป็นการลดเวลาในการแช่ และให้ความร้อนในขั้นต่อไป ซึ่งติดตามจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นในเวลาแช่ที่เหมาะสม จากผลการทดลองพบว่าสำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเท่านั้นที่ปริมาณความชื้นขึ้นกับระยะเวลาในการให้ความร้อน อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิซึ่งสูงทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ดได้ง่าย เมื่อใช้เวลาให้ความร้อนนานรอยร้าวในเมล็ดยิ่งมาก จึงดูดน้ำได้มาก แต่ที่ 50 และ 100 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิซึ่งต่ำกว่า

150 องศาเซลเซียส รอยร้าวที่เกิดขึ้นบนเมล็ดที่เวลานานขึ้นอาจไม่มีความแตกต่างกันมาก ส่วนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่สูงมาก อาจทำให้เมล็ดหดตัว ทับแข็ง การแตกร้าวเกิดได้น้อยกว่าที่ 150 องศาเซลเซียส จึงให้ผลเช่นเดียวกับที่ 50 และ 100 องศาเซลเซียส สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 จึงอธิบายผลได้อย่างเดียวกันดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการให้ความร้อนขั้นต้นสำหรับข้าวทั้ง 2 พันธุ์คือ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 5 นาที

6.3 <u>การศึกษาสภาวะการแช่</u>

สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าเวลาไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อาจเนื่องจากที่เวลาเพียง 30 นาที ก็พอเพียงต่อการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในเมล็ดแล้ว เพราะว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะไมโลสต่ำ การดูดซึมน้ำเป็นไปได้ง่าย (5,10) ส่วนอุณหภูมิแช่มีผลต่อปริมาณความชื้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำจะดูดซึมเข้าไปได้เร็วขึ้นเพราะว่าเมื่ออุณหภูมิสูง น้ำมีพลังงานมากขึ้นสามารถแทรกเข้าในเมล็ดได้ดี ที่อุณหภูมิต่ำๆ เช่นที่อุณหภูมิห้อง 45 องศาเซลเซียส อาจยังเห็นผลไม่ชัด แต่ที่อุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียสซึ่งใกล้กับอุณหภูมิแป้งสุกคือ 68 องศาเซลเซียส ความชื้นจะเพิ่มขึ้นมาก สำหรับปริมาณเมล็ดหักพบว่าเวลาไม่มีผลต่อปริมาณเมล็ดหัก แต่อุณหภูมิมีผลต่อปริมาณเมล็ดหัก เนื่องจากเดิมเมล็ดมีรอยร้าวอยู่แล้วจากการให้ความร้อนขั้นต้น เมื่อดูดซึมน้ำเข้าไปการหักอาจเกิดง่าย ยิ่งเมื่ออุณหภูมิที่แช่สูงน้ำจะเข้าไปรวดเร็ว การหักอาจเกิดขึ้นมาก แต่ที่เวลา 30 นาทีน้ำได้เข้าไปเพียงพอแล้ว ดังนั้นที่เวลา 60 นาทีการดูดซึมน้ำจึงมีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทำให้ปริมาณเมล็ดหักไม่เพิ่มขึ้น ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการแช่สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 30 นาที

สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อปริมาณความชื้นและปริมาณเมล็ดหัก ซึ่งอธิบายผลของอุณหภูมิได้เช่นเดียวกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำจะดูดซึมเข้าไปได้เร็วขึ้น ส่วนเวลาอธิบายได้ว่าเนื่องจากข้าวเหลืองประทิว 123 มีปริมาณอะไมโลสสูง การดูดซึมน้ำเป็นไปได้ยาก ที่เวลา 30 นาทีจึงอาจไม่พอเพียงให้น้ำดูดซึมเข้าไปได้มากพอ (5,11) จึงทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้นที่เวลา 60 นาที สำหรับการแช่ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสปริมาณความชื้นมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากในขั้นแรกนำข้าวไปผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นที่ 50 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาแช่ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความต่างของอุณหภูมิเพียง 5 องศาเซลเซียส จึงทำให้เมล็ดเกิดการแตกร้าวน้อย จึงดูดน้ำได้น้อย แต่เมื่อนำไปแช่ที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิในการให้ความ

ร้อนขั้นต้นกับอุณหภูมิที่แช่ถึง 20 องศาเซลเซียส จึงทำให้เมล็ดเกิดการแตกร้าวได้มากกว่า จึงดูดน้ำได้มากกว่า สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีเมล็ดที่แกร่งน้อยกว่าข้าวเหลืองประทิว 123 ความแตกร้าวเกิดได้ง่าย ดังนั้นแม้ว่าความต่างของอุณหภูมิในการให้ความร้อนขั้นต้นกับการแช่จะต่างกัน ความแตกร้าวสามารถเกิดขึ้นได้เท่าๆกัน เป็นผลให้การดูดความชื้นและการหักของเมล็ดต่างจากข้าวเหลืองประทิว 123 ซึ่งมีความแกร่งมากกว่า ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการแช่สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 คือที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

6.4 <u>การศึกษาสภาวะการให้ความร้อน</u>

6.4.1 <u>การทำให้สุกบางส่วน</u>

จะพบว่าเวลาในการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณความชื้นและร้อยละของการเกิดเจลลาทีไนเซชั่นในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเมื่อเวลาต้มนานขึ้นปริมาณน้ำที่ถูกดูดเข้าไปในเมล็ดจะมากขึ้น ทำให้เกิดเจลลาทีไนเซชั่นมากขึ้นเช่นกัน สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเวลานานขึ้น เช่น 4-5 นาที ความชื้นที่ถูกดูดเข้าไปจะมากเพียงพอแล้วจึงไม่เพิ่มขึ้นอีก แต่ร้อยละของการเกิดเจลลาทีไนเซชั่นเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีน้ำมากพอ แต่สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 ซึ่งปกติดูดน้ำได้ยากจึงยังสามารถดูดน้ำเข้าไปได้อีก จึงมีปริมาณความชื้นเพิ่ม เมื่อปริมาณน้ำที่ถูกดูดเข้าไปเพียงพอ การเกิดเจลลาทีไนเซชั่นก็จะเกิดขึ้นซึ่งจะถูกควบคุมด้วยเวลา จึงเกิดได้ระดับหนึ่ง แล้วการเกิดเจลลาทีไนเซชั่นก็จะไม่เพิ่มขึ้นอีกในระยะหลัง ๆ ของการต้ม (17) ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้สุกบางส่วนของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ คือ การต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที

6.4.2 <u>การทำให้สุกอย่างสมบูรณ์</u> พบว่าเวลาในการทำให้สุกอย่างสมบูรณ์มีผลต่อร้อยละของการเกิดเจลลาทีไนเซชั่น แต่ไม่มีผลกับปริมาณความชื้นเนื่องจากว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดูดน้ำได้ง่ายและการนึ่งที่ 1 นาทีก็สามารถดูดน้ำได้มากพอที่จะเกิดเจลลาทีไนเซชั่นเพิ่มขึ้นแล้ว ส่วนร้อยละของการเกิดเจลลาทีไนเซชั่นที่เวลา 5 10 และ 15 นาที ไม่เพิ่มขึ้นอีกเนื่องจากที่เวลา 5 นาทีข้าวได้เกิดเจลลาทีไนเซชั่นอย่างสมบูรณ์แล้ว สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 พบว่าเวลาที่ใช้ในการทำให้สุกอย่างสมบูรณ์มีผลต่อทั้งร้อยละของการเกิดเจลลาทีไนเซชั่นและปริมาณความชื้น โดยที่ที่เวลา 10 และ 15 นาที ปริมาณความชื้นลดลงเนื่องจากที่เวลา 5 นาทีปริมาณความชื้นมากที่สุดแล้ว เมื่อยังให้ความร้อนต่อไปจะเป็นการระเหยน้ำที่ถูกดูดเข้าไปออกมา ทำให้ปริมาณความชื้นลดลง ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้สุกอย่างสมบูรณ์คือการนึ่งด้วยไอน้ำ โดยข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใช้เวลา 1 นาที และข้าวเหลืองประทิว 123 ใช้เวลา 2.5 นาที

6.5 การศึกษาสภาวะการทำแห้ง

6.5.1 การทำแห้งขั้นแรก การทำแห้งขั้นแรกนั้นต้องการให้อุณหภูมิสูง เวลาสั้น ให้เกิดขอบแข็งเป็นผิวบาง เนื่องจากขอบแข็งที่เป็นผิวบางจะพยายามคงรูปไว้ ในการทำแห้งขั้นต่อไปถ้ามีการระเหยน้ำออกในสภาพที่เหมาะสม นั่นคืออุณหภูมิไม่สูงเกินไปและอัตราการระเหยของน้ำพอเหมาะ จะทำให้น้ำภายในระเหยไปโดยผิวนอกยังคงรูปร่างไว้ จะช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์ก่อนคืนรูปที่มีลักษณะโปร่ง มีการหดตัวน้อย ทำให้ดูดน้ำคืนรูปในขั้นต่อไปได้ง่าย สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าเมื่อที่อุณหภูมิสูงขึ้นข้าวเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แต่ไม่มีผลกับกลิ่นและการเกาะตัวของเมล็ด เมื่อพิจารณาแต่ละอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิต่ำคือ 200 องศาเซลเซียส ลักษณะผิวภายนอกของเมล็ดยังเปียก เนื่องจากดึงน้ำออกจากเมล็ดได้ในปริมาณน้อย ยังไม่เกิดขอบแข็งขึ้น อาจมีผลทำให้เมล็ดหดตัวได้เมื่อมีการดึงความชื้นที่เหลือออกภายหลัง ส่วนที่อุณหภูมิสูงคือ 250 องศาเซลเซียส ลักษณะผิวภายนอกแห้ง เนื่องจากมีการดึงน้ำออกอย่างรวดเร็ว จึงเกิดขอบแข็งเป็นผิวบางคล้ายกับการเกิด case hardening ซึ่งเป็นผลดีต่อการทำแห้งในขั้นต่อไปโดยเมล็ดจะไม่หดตัวมาก แต่การทำแห้งนานเกินไปที่อุณหภูมิสูง เช่น 200 หรือ 250 องศาเซลเซียสนี้อาจทำให้เกิด case hardening อย่างมากได้ เนื่องจากความชื้นจากภายในเมล็ดเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวได้ไม่ทันกับที่ความชื้นที่ผิวถูกดึงออกไป ทำให้เมล็ดหดตัวเกิดขอบทึบแข็ง สำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 ซึ่งโดยปกติมีสีเหลืองอ่อน ดังนั้นจึงมีสีเพิ่มขึ้นได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน จะพบว่าที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสเมล็ดเป็นสีน้ำตาลอ่อนและมีกลิ่นไหม้เกิดขึ้น ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งขั้นแรกสำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ 250 องศาเซลเซียส 1 นาที และข้าวเหลืองประทิว 123 ที่ 200 องศาเซลเซียส 1 นาที

6.5.2 การทำแห้งขั้นสุดท้าย ได้มีรายงานว่าในการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง ถ้าปริมาณความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 7% จะทำให้เกิดสีน้ำตาลอ่อนที่ไม่ต้องการ (19) จากผลการทดลองสำหรับข้าวเหลืองประทิว 123 เมื่อปริมาณความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 7% ข้าวเริ่มเป็นสีครีม แต่สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเริ่มเป็นสีเหลือง เมื่อปริมาณความชื้นลดลงถึง 4% ทั้งนี้อาจเนื่องจากสีเริ่มต้นของเมล็ดข้าวที่นำมาทดลองด้วย ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งขั้นสุดท้ายสำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และข้าวเหลืองประทิว 123 ที่ 60 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

6.6 การประเมินคุณภาพข้าวหุงสุกเร็ว

6.6.1 ก่อนคืนรูป พิจารณาจากค่า bulk density พบว่าผลิตภัณฑ์แห้งมีค่าต่ำกว่าของข้าวสารซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ แสดงว่าผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้มีความพรุนมาก

กว่าข้าวสาร จึงสามารถคืนรูปได้อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่า bulk density ของผลิตภัณฑ์ที่ขายในสหรัฐอเมริกาพบว่า ส่วนมากอยู่ในช่วง 0.4-0.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาประมาณ 2 เท่า ซึ่งแสดงว่ามีความพรุนมากกว่า อาจเกิดเนื่องจากวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน เช่น ถ้าใช้การทำแห้งแบบระเหิดน้ำ (freeze dry) ก็จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพรุนมาก แต่มีราคาแพงกว่ามาก หรืออาจเกิดเนื่องจากในช่วงของการทำแห้งขั้นแรก อุณหภูมิที่ใช้อาจสูงมากจนทำให้แป้งเกิดเจลเลชั่น (gelation) ซึ่งจะทำให้เกิดการปิดทางเข้าออกบางส่วนของน้ำ ทำให้น้ำระเหยออกได้ยากขึ้น จึงทำให้เมล็ดมีความพรุนต่ำกว่า (23) นั่นคือมีค่า bulk density สูงกว่า สำหรับผลทางประสาทสัมผัสพบว่าสำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีคะแนนด้านการเกาะตัวของเมล็ดเป็น 7 หมายถึง เมล็ดแยกกันเป็นบางส่วน ทั้งที่เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะเกิดการติดกันของเมล็ดได้มาก (5) ทั้งนี้เป็นเพราะในขั้นตอนการผลิต ถ้ามีการควบคุมระดับความสุกให้เป็นไปเป็นขั้น ๆ สามารถลดการติดกันของเมล็ดได้

6.6.2 <u>หลังคืนรูป</u> เมื่อพิจารณาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใช้เวลาในการคืนรูปสั้นกว่าข้าวเหลืองประทิว 123 ทั้งนี้เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า มีส่วนที่เป็นผลึกน้อย น้ำจะเข้าไปได้ง่าย มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า และมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำกว่าด้วย จึงใช้เวลาคืนรูปสั้นลง ส่วนข้าวเหลืองประทิว 123 ให้สีที่เหลืองกว่า เนื่องจากสีเริ่มต้นของข้าวเหลืองประทิว 123 เข้มกว่า ส่วนสมบัติทางด้านการแตกบานของเมล็ดและเมล็ดหัก ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลคล้าย ๆ กันคือ แตกบานเพียง 12.5% ของทั้งหมด และมีเมล็ดหัก 12.5% ของทั้งหมด ส่วนด้านการเกาะตัวของเมล็ดข้าวพบว่าข้าวเหลืองประทิว 123 มีการเกาะตัวมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้ข้าวเหลืองประทิว 123 มีปริมาณอะไมโลสมากกว่า และมีค่า amylograph breakdown ต่ำกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วย ซึ่งควรจะมีการติดกันของเมล็ดน้อยกว่า แต่ผลการทดลองเป็นดังที่กล่าว อาจเกิดเนื่องจากเวลาที่คืนรูปที่นานกว่าของข้าวเหลืองประทิว 123 เพราะว่าข้าวเหลืองประทิว 123 มีความแข็งของเมล็ดมาก กว่าที่เมล็ดข้าวจะนิ่มเมล็ดอาจมีการเกาะตัวเกิดขึ้นแล้ว ส่วนทางด้านกลิ่นพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม ด้านรสชาติ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีรสหวานมากกว่า เนื่องจากเป็นลักษณะประจำพันธุ์อยู่แล้ว ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความนิ่มของเมล็ดข้าวพบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความนิ่มมากกว่าเนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า แม้ว่ามีความคงตัวของแป้งสุกเป็นแป้งอ่อนทั้งคู่ แต่ข้าวเหลืองประทิว 123 มีอะไมโลสสูงกว่ามาก ข้าวจะแข็งกว่า ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความเหนียวพบว่าข้าว

ขาวดอกมะลิ 105 เหนียวน้อยกว่าข้าวเหลืองประทิว 123 ทั้งที่ข้าวเหลืองประทิว 123 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า ควรจะมีความเหนียวน้อยกว่า (5) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวเหลืองประทิว 123 ใช้เวลาคืนรูปที่มากกว่าจึงทำให้มีความเหนียวของเมล็ดมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105